

スーパーマーケット用空調の設計と設備機器

(富士ストア空調システム：FSAS)

Fuji Store Airconditioning System

岡本 尚三*

Shozo Okamoto

I. はじめに

スーパーマーケットは、省力化を徹底して行い、価格訴求を行ったことにより大きな進歩をしてきた。

この驚異の進歩を支えてきたのは、セルフサービスの方式である。以前は野菜売場には野菜系の店員が、精肉売場には肉系の店員がおり、顧客の注文に応じて野菜・肉を量り、切って渡していた。スーパーではこのような店員を可能な限り排し、顧客は店内を自由に歩き、商品を選び、これを一括して出口で支払う方式をとっている。

このためには、顧客が自由に手にとってみられるように陳列するショーケースと肉、野菜などの生鮮食品の鮮度をどのように保たせるかという、室温と空調の問題解決が必要であった。特に精肉、鮮魚のような新鮮さが生命のものは、対面販売が現在でも一部には行われているが、冷蔵・冷凍ケースと店舗空調の技術進歩により、今日では完全な無人店舗化へと進んでいる。

II. スーパーマーケット用空調の特徴

ケースは顧客が自由に手にとって商品を選択できるように、冷蔵・冷凍オープンケースを用いており、開口部はエアサーキュレーションとエアカーテンにより、店内空気とは断熱をする方式をとっている。このエアカーテンには周囲空気がケース庫内に侵入しないような工夫を行っているが、セルフサービスの便利さの反面に、外気の庫内への侵入があり、逆にケース内の冷気が店舗内に漏れることとなる。このケースの漏れ冷気はケース前の床面近くに滞留して、いわゆるコールドアイルとなり買物客に不快感を与える。特に最近では、多段オープンケースの使用が増加してきていることもあって、店内の中央との温度むらを生じやすく、暖房が床面に届かないなどの問題もおきている。

しかしこの漏れ冷気は、後述のコールドアイル対策により、空調設備、冷房容量を軽減することができる。

ケースのエアカーテンへの外乱は、漏れ冷気の増加とケースの冷凍負荷を大きくするだけでなく、ケース内の

商品への露付き、霜付きの原因ともなり、商品ロスを生ずる。このためオープンケースのレイアウトにより、空調の吹出し、リターン位置を選定する必要がある。

スーパーでは出入口とチェックアウトカウンタが外気侵入と人密度の点から空調の最重点となり、空調計画には店舗レイアウトの決定が第一である。

生鮮食品は、その鮮度の維持が生命であり、これは冷蔵・冷凍ケースの性能向上と同時に店舗空調、特に除湿により商品損失を最少にする必要がある。

オープンケース用の冷凍機からの排熱は、クーリングタワーで大気に放出されていたが、省エネルギー、ランニングコストの低減のため、店舗の暖房、除湿に利用をしてきており、空調とケースとが協調をとって、トータルランニングコストミニマムの方式に進んできている。

スーパー空調には、このような特徴があり、店内の温湿度の適切な制御が必要である。これに対して富士電機家電では富士ストア空調システム (Fuji Store Airconditioning System) FSAS を用意しており、すでに多くの実績を持っている。

III. 漏れ冷気の利用

1. 漏れ冷気量

オープンケースからの漏れ冷気量は、ASHRAE の

第1表 オープンショーケースの漏れ冷気量
Table 1. Heat loss by spill-out air from open refrigerated cabinets

漏れ冷気量 kcal/h·ft

用途	シリーズ		
	K	H	J
V 青果	KQV-A 100	HRV-A HQV-A 150	—
D デイリー	KPD-A 150	HQD-J HPD-J 200	JQD-B 250
M 精肉、鮮魚	KZM-B 125	HQM-A HRM-A 200	JRM-A 200
L 冷食、アイスクリーム	—	HRL-A 250	JL-C 150

設置環境 27℃, 55%R.H.基準
顕熱比 (SHF) は0.8をとる。

* 富士電機家電

DATA-BOOKにも示されているが、富士ワレんのケースでは実験結果から第1表の値を用いている。

漏れ冷気量 kcal/h·ft, の数値は、除霜時のドレン水量とエアサーキュレーションの熱平衡からの推定と実験結果を基にして決めたものである。

1) ドレン水量からの計算式

高温多湿の周囲空気中の水分が、エアカーテンから庫内に侵入してケースの蒸発器に霜付きすることにより、漏れ冷気量を求める。

$$x = \frac{D}{H} \cdot \frac{v_0}{y_0 - y_c} \dots\dots\dots(1)$$

$$Q_L = \frac{x}{V_0} (i_0 - i_c) \dots\dots\dots(2)$$

- x = 漏れ冷気量 = 外気侵入量 : m³/h
- D = デフロスト, 1 サイクルのドレン水量 : kg
- H = デフロスト, 1 サイクルの時間 : h
- v_0 = 周囲空気の比体積 : m³/kg
- y_0 = 周囲空気の絶対湿度 : kg/kg
- y_c = ケース内冷却空気の絶対湿度 : kg/kg
- Q_L = 漏れ冷気熱量 : kcal/h
- i_0 = 周囲空気のエンタルピー : kcal/kg
- i_c = ケース内冷却空気のエンタルピー : kcal/kg

2) エアサーキュレーションの熱平衡からの計算式

エアサーキュレーションの吸込口で(吹出風量-漏れ冷気量)と侵入空気量の和として、エンタルピーの平衡を考えて、漏れ冷気量を求める。

$$V_2 \times \frac{i_2}{v_2} = (V_2 - x) \frac{i_1}{v_1} + \frac{i_0}{v_0} \cdot x \dots\dots\dots(3)$$

- V_2 = ケースのエアサーキュレーションの吸込風量 : m³/h
- i_2 = ケースの吸込空気のエンタルピー : kcal/kg
- v_2 = ケースの吸込空気の比体積 : m³/kg
- i_1 = ケースの吹出空気のエンタルピー : kcal/kg
- v_1 = ケースの吹出空気の比体積 : m³/kg
- i_0 = ケースの周囲空気のエンタルピー : kcal/kg
- v_0 = ケース周囲空気の比体積 : m³/kg

2. 漏れ冷気回収ダクトの設計

オープンケースの漏れ冷気は、床面近くに滞留してコールドアイルとなり、買者客に不快感を与えるため、これを回収して店内の温度分布を改善する必要があるが、これにより冷房負荷を軽減できる。

このコールドアイルを解消するための回収ダクトの風量、風圧は第2表および第3表により、設計を行っている。風量は、ケースの漏れ冷気と周囲店内空気とを完全に混合して、人の快適条件の最低条件となるように決めたものである。たとえば冷蔵ケースで漏れ冷気の必要混合比は、次のように求められる。

漏れ冷気を0℃としての混合比を x とすると

第2表 オープンショーケースの漏れ冷気回収ダクト中の風量
Table 2. Air flow rate in duct for recovering spill-out air

漏れ冷気回収ダクト風量 m ³ /h·ft				
用途	シリーズ	K	H	J
V	青果	KQV-A 20~40(65)	HRV-A HQV-A 45~90(150)	-
D	デイリー	KPD-A 40~80(130)	HQD-J HPD-J 50~100(165)	JQD-B 50~100(165)
M	精肉, 鮮魚	KZM-B 20~40(65)	HQM-A HRM-A 50~100(165)	JRM-A 50~100(165)
L	冷食, アイスクリーム		HRL-A 60~120(200)	JL-C 35~70(115)

温度差 5~10 deg (3 deg)

夏, 店内 : 26℃, (1-x) } 混合空気 21℃, (1-x) + x = 1
漏れ冷気 : 0℃, x

$$26(1-x) + 0 \times x = 21$$

$$x = 5/26 \approx 0.2$$

$$1/x = 1/0.2 = 5$$

冬, 店内 : 20℃, (1-x) } 混合空気 16℃, (1-x) + x = 1
漏れ冷気 : 0℃, x

$$20(1-x) + 0 \times x = 16$$

$$x = 4/20 = 0.5$$

$$1/x = 1/0.2 = 5$$

風圧は、ケースのキックプレートからケース背面をリターンダクトとして利用したときの値で、接続ダクトの静圧損失は含まない。

第3表 オープンショーケースの漏れ冷気回収ダクト内の風圧
Table 3. Head loss in duct for recovering spill-out air

漏れ冷気回収ダクト風圧 (静圧損失) mmAg	
mmAg	ケース形式
4.5	KQV-A, HRV-A, HQV-A, HRL-A
6.5	KPD-A, HQD-J, HPD-J, HQM-A, HRM-A, JQD-B, JL-C
8.5	KZM-B, JRM-A

ケースのキックプレートよりケース背面をリターンダクトとして利用したとき。

3. 漏れ冷気の計算例

1) 例 店舗面積 36m×36m=1,296m²

ケース合計 44ケース (ライン長さ352ft)

ケース内訳

- 野菜 : HQV-8 A×9台 } 13台
- 果物 : HQV-8 TA×4台
- 惣菜 : 加工食品 HQD-8 J×4台 } 14台
- 練物 : 水物 HPD-8 J×6台
- 乳製品 : HQD-8 J×4台
- 塩干・鮮魚 : HRM-8 A×7台 } 14台
- 加工肉・精肉 : HRM-8 A×7台

冷凍食品：HRL-8A×2台
 アイスクリーム：HRL-8A×1台 } 3台

2) 夏季冷房負荷軽減量 例について第1表を用いて計算をすると、66,400kcal/hとなり、これは所要冷房負荷の25.6%となり、冷房機は80tを60tに容量を少なくすることができる。

漏れ冷気を考えないときの冷房負荷の概算値として、200 kcal/h・m²をとる。

200 kcal/h・m²×1,296 m²=259,000 kcal/h
 漏れ冷気量 (夏季冷房負荷軽減量)

HQV-8(T)A×13	150	× 8	× 13	=15,600
	(kcal/h・ft)	(ft)	(ケース)	(kcal/h)
HPD-8J×6	200	× 8	× 14	=22,400
HQD-8J×8				
HRM-8A×14	200	× 8	× 14	=22,400
HRL-8A×3	250	× 8	× 3	= 6,000
				合計 66,400 kcal/h
				66,400/259,000=0.256

3) 冬季暖房負荷追加必要分

漏れ冷気の再利用によって、冷房機の容量を減少させることができるが、暖房時には、この熱量を追加しておかないと暖房の容量が不足となる。ケースの所要冷凍能力は、冬では第4表のように低減するので、この低減率で漏れ冷気量を計算する。

第4表 オープンショーケースの所要冷凍能力の季節による低減率

Table 4. Seasonal reducing factors of refrigeration load for cabinets

ケースの周囲温度・湿度による所要冷凍能力の低減率(%)概数

用途 \ 季節	冬	春秋	夏	年間
V 青果	25	50	85	50
D デイルー	35	60	88	60
M 精肉, 鮮魚	45	65	90	67
L 冷食, アイスクリーム	60	75	93	75

設置環境条件 27℃ 55% R.H.を100%とする。

(冬季低減率)

HQV-8(T)A×13	150	× 0.25	× 8	× 13	= 3,900
	(kcal/h・ft)	(ft)	(ケース)	(kcal/h)	
HPQ-8J×6	200	× 0.35	× 8	× 14	= 7,840
HQD-8J×8					
HRM-8A×14	200	× 0.45	× 8	× 14	=10,080
HRL-8A×3	250	× 0.60	× 8	× 3	= 3,600
					合計 25,420 kcal/h
					25,420×0.8(SHF)=20,340 kcal/h

4) 漏れ冷気回収ダクト風量

温度差を5degとすれば、第2表により次のような計算となり、全風量の81.6%となる。

漏れ冷気回収ダクト風量

HQV-8(T)A×13	90	× 8	× 13	= 9,360
	(m ³ /h・ft)	(ft)	(ケース)	(m ³ /h)
HPD-8J×6	100	× 8	× 14	=11,200
HQD-8J×8				
HRM-8A×14	100	× 8	× 14	=11,200
HRL-8A×3	120	× 8	× 3	= 2,880
				合計 34,640m ³ /h
				(= 580m ³ /min)

新鮮外気取入量

人員 (買物客+従業員)

1,296m²×0.3人/m²≒390人

390人×20m³/h・人=7,800m³/h

全風量=冷気回収ダクト風量+新鮮外気取入風量

=34,640m³/h(81.6%)+7,800m³/h(18.4%)

=42,440m³/h(100%)

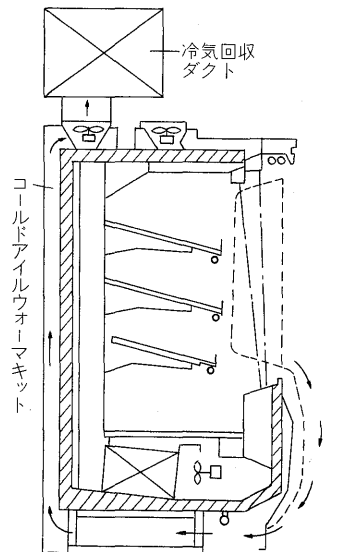
店舗容積 1,296m²×3m=3,888m³

換気回数 42,440÷3,888=10.9回/h

4. ダクト配置方式

1) ケース背面をリターンダクトに用いた例

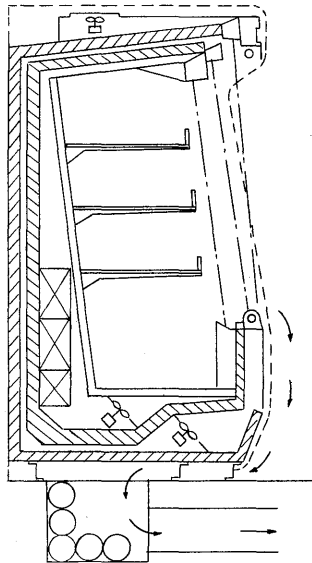
富士ストア空調システムでは、ケースの冷ドアイルウォーマキットを用いて、ケース前床面の穴明きキックプレートからケース背面に冷気を回収し、ケースの天井近くにリターンダクトを設けている。この方式は、ケ



第1図 コールドアイルウォーマキットを用いた冷気回収例

Fig.1. A wall-duct system for recovering spill-out air

ース床下の冷媒配管ピットと共用する床下ピットエアリターンダクト方式に比べ、工事費が安価であり、最も多く採用されている。この方式の変形としては、ケース背面を二重壁とし天井をリターンとしたり、あるいはケース背面床面に直接ダクト接続したり、また壁面配置で柱がケース背面側に出ているものは柱-柱間とケース背面空間をダクトに利用するなどがある。



第2図 ケース床下ダクトを用いた冷気回収例
Fig.2. A floor-duct recovering system for spill-out air

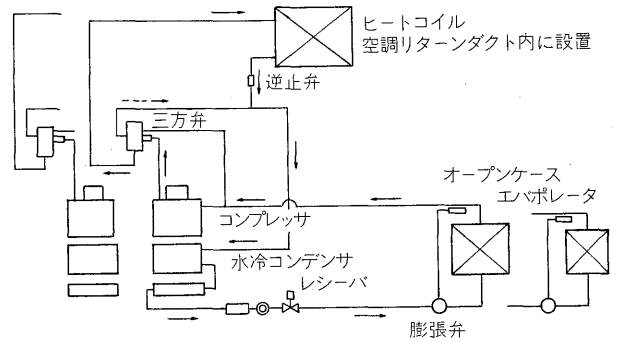
漏れ冷気は除湿された空気であり、フィルタを通じて清浄空気として、年間空調機を通してリサイクルして用いている。

2) ケース床下リターンダクトを用いた例

ケース下ピットを冷媒配管と共用して、地下埋設吸込ダクトを用いる方式もある。この方式にも二重床のクローリングスペースを用いたり、あるいは地下駐車場の天井ダクトなどの変形がある。この方式にはピット工事費を要するので、一部機種の場合は、ケースの架台部をビルドインの横引きリターンダクトとして用いた例もある。しかしビルドインダクトの寸法制約から横引き最大長さが限定されるので、ケースの機種、レイアウトの適用に検討を必要とする。

5. ゾーニング

多段ケースのコールドアイル対策のほかに、スーパーでは、出入口からの外気侵入防止とチェックアウト周辺の人の滞留に対して、ゾーニングをする必要がある。出入口にはエアカーテンを設けると同時に、外気をフィルタと空調機を通して清浄低湿の空気として店内の静圧がプラスとなるようにして、外気およびじんあいの入らないように店内を衛生的に保つようになっている。



第3図 ヒートリクレームのシステム
Fig.3. A heat reclaim system

IV. 冷凍機の排熱回収

1. ヒートリクレームのシステム

オープンケースの冷凍機の排熱は、冷却水によりクーリングタワーを通じて大気中に放出されてきた。しかし省エネルギー、石油節約、無公害、安全の点から、これを冬季暖房、および多湿時の除湿に有効に利用する方式がいろいろと検討されてきた。これには、冷却水を介して回収する方式と媒体を使わずに直接冷媒のホットガスから熱を回収する方式がある。富士ストア空調システムでは、ワーレンのホットガスの空冷コンデンサをシリーズ接続する方式を基本として、日本の水冷式冷凍機に適用する方式を検討して第3図のようなシステムで実施し数多くの実績を持っている。水冷コンデンサの温水を利用する方式では、その温度差が小さいため大きな熱交換器が必要となるので、ホットガス方式の方が明らかに熱交換の効率はすぐれている。

富士ストア空調システムでは、パッケージ形エアコンディショナ内、あるいは空調ダクト内にヒートコイルをおき、三方弁 ALCO の 3031R20S11により、回路を切り換えして使用する方式をとっている。この切換えは、後述の富士ストア環境制御盤により、ステップコントロー

第5表 排熱係数

Table 5. coefficients of rejected heat from condensing units

排熱係数 = 凝縮熱量 / 蒸発熱量

ケース	冷媒	蒸発温度 (°C)	排熱係数
V 青果	R-12	-10	1.28
D デリリー	R-22	-10	1.32
M 精肉, 鮮魚		-15	1.34
L 冷食, アイスクリーム	R-22	-20	1.38
	R-502	-40	1.60

凝縮温度45°C空冷
モリエル線図の状態点より計算
(過熱=0°C, 過冷却=0°C)

ルを行うことにより、除湿にも暖房にも利用できるようにヒートコイルを設計している。なお冷凍機一系統で排熱利用量が8,000kcal/h未滿については経済性の点から適用していない。

水冷コンデンサの水温・流量制御は、三方自動給水弁によりバイパスを通したり、温度式自動給水弁で冷凍機の安定運転を図っている。

2. 排熱利用の計算例

先の例について、冬季および中間季に利用できる排熱量は、第5表の排熱係数、および第4表の季節による低減率を用いて計算をすると、冬季暖房に利用できる排熱量は77,000kcal/hとなり、これは所要暖房負荷の約50%となる。

1) 冬季暖房に利用できる排熱量

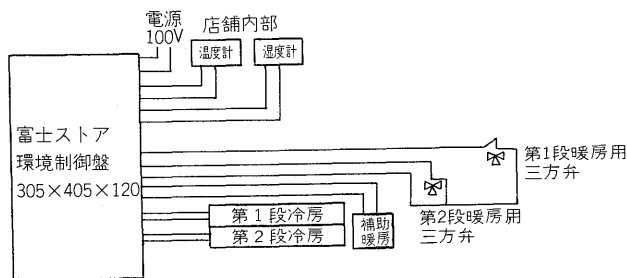
ケースの所 要冷凍能力	ケース 本数	排熱 係数	冬季低 減率	
HQV-8(T)A×13 (kcal/h)	2,600 ×13	×1.28	×0.25	=10,816 (kcal/h)
HPD-8J×6	3,740 ×6	×1.34	×0.35	=10,524
HQD-8J×8	3,380 ×8	×1.34	×0.35	=12,682
HRM-8A×14	3,800 ×14	×1.38	×0.45	=33,036
HRL-8A×3	3,500 ×3	×1.60	×0.60	=10,080
合計				77,100 kcal/h
暖房負荷 100 kcal/h・m ² ×1,296 m ²				=129,600 kcal/h
漏れ冷気による冬季暖房追加分				20,340 kcal/h
合計				149,940 kcal/h

2) 中間季除湿に利用できる排熱量

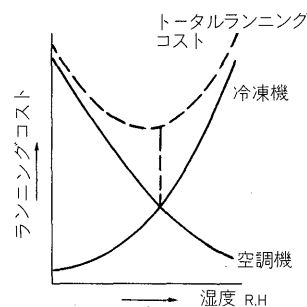
ケースの所 要冷凍能力	ケース 本数	排熱 係数	中間季 低減率	
HQV-8(T)A×13 (kcal/h)	2,600 ×13	×1.28	×0.50	=21,632 (kcal/h)
HPD-8J×6	3,740 ×6	×1.34	×0.60	=18,042
HQD-8J×8	3,380 ×8	×1.34	×0.60	=21,740
HRM-8A×14	3,800 ×14	×1.38	×0.65	=47,720
HRL-8A×3	3,500 ×3	×1.60	×0.75	=12,600
合計				121,700 kcal/h

3. 水冷式ヒートポンプの使用

水冷式ヒートポンプは井水専用として使用されておりその熱効率の良い利点にもかかわらず適用が限られていた。しかしスーパーマーケットでは、オープンケースの冷凍機は年間運転されており、この冷凍機の冷却温水を水熱源として利用できる。最近では水冷式ヒートポンプにより暖房を行う例が多くなっている。この方式は、関東以西など他の補助暖房を必要としない地域では、火災、公害(煙)防止の点からすぐれており、今後ますます増えてくるものと思われる。



第4図 富士ストア環境制御盤
Fig.4. Fuji store environmental control panel



第5図 トータルランニングコストとミニマムポイント
Fig.5. A curve of total running cost v.s. relative humidity

V. 空調の制御

1. 富士ストア環境制御盤

スーパーの空調では、楽しい買物のできる温度環境とともに、湿度のコントロールが商品のロスを少なくし、ケースを能率的に使用するためにぜひ必要である。

このような暖房、冷房、除湿を総合して一つの環境制御システムにした制御パネルを開発し、富士ストア環境制御盤として用意をしている。

この環境制御盤は第4図のようにステップコントロール方式となっており、それぞれの段階の暖房と冷房との熱量は等しくなるように設計している。これにより空調機で除湿を行うことにより、ケースのランニングコストを安くできると同時に除霜中の温度上昇の回数も少なくなり商品への露付き、霜付きによる商品損失を防ぐことができる。

温度制御は3ステップに分かれており、店内空気温は温度センサにより、ある設定温度以下に下がれば第1段階暖房用の三方弁が働き、第1段階のヒートコイルが熱交換を始める。さらに次の設定値以下になったときは第2段階のヒートリクレームが働く。さらに必要あれば第3段階の補助暖房(電気ヒータまたは温水など)を動作させる。

逆にある設定温度以上に上がれば第1段階の冷房が働き、さらに次の設定値以下になったときは第2段階の冷

房が働くようになっている。

湿度制御は、店内空気の相対湿度が湿度センサによりある設定湿度以上に上がると第1段階の冷房が働く。このとき店内空気温が下がってくれば第1段階の暖房が働き、除湿のみが行われる。このような制御盤が305×405×120の大きさにコンパクトにまとめられている。

VI. ま と め

トータルランニングコストミニマムのシステム

スーパーでの電力消費は、オープンケースの冷凍機と店内冷・暖房空調機とで50%を越えている。第5図は、空調の冷房機とオープンケースの各湿度におけるランニン

グコスト(電力料金)を示したものである。オープンケースでは湿度が高くなるとランニングコストが急増するが冷房機では逆になっている。ここでオープンケースの運転と店舗空調との協調を行い、トータルランニングコストミニマムのシステムが考えられ、これがスーパー店舗空気条件の基本となる。この店内条件を年間保持するように、店舗のレイアウトに応じてオープンケースの形式、数量店舗の構造、外気条件等を考え、冷房、暖房、除湿、さらにオープンケースの運転をも併せ、一体として調和させることがスーパー空調の設計であり、これを行うものが富士ストア空調システムFSASである。

発明の紹介

ジ ュ ー サ

(実用新案登録第 1071113 号)

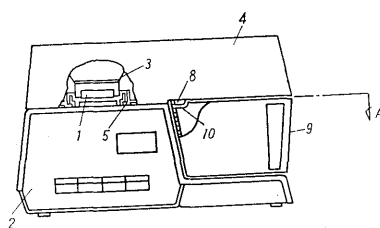
この考案はジュースにおける下部原動部と上部処理機構との固定装置に関する。

かかる固定装置として、従来のクランプ装置に代え、部品点数が少なく操作も簡単なバイヨネット機構が注目されるに至っているが、ジュース運転中、振動によってバイヨネット機構がはずれるおそれがあり、この解決が望まれていた。この考案は、ジュースカップを巧みに利用することにより、前記要望に応えたものである。

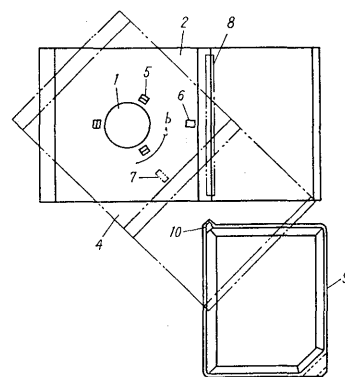
図について説明すると、電動機および回転盤1を備えた下部原動部2とカッタ兼分離網3を有する上部処理機構4とはその間にバイヨネット機構5が設けられており、かつそれぞれストッパ6,7が植設されている。また、処理機構4の下面にはスライドガイド8が植設されており、これとジュースカップ9のつぎ口10が係合するように係合する。

さて、原動部2に処理機構4を固定する際には、回転盤1と分離網3とを適宜合わせた後、処理機構4をb矢方向に回せば、バイヨネット機構5が働いて両者は固定され、かつストッパ6,7により固定時の位置決めがなされる。続いて、ジュースカップ9をスライドガイド8とつぎ口10が係合するようにそう入すれば、バイヨネット機構5はロックされ、運転時、振動によってはずれることが防止される。分解時には、ジ

ュースカップ9を引き出せば、バイヨネット機構5のロックがはずれるので、簡単に分解することができる。



第1図



第2図



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。